

三重県南島町の若いウバメガシ林の物質生産

中川 美紗子*・齋藤 秀樹**・糟谷 信彦

Dry-matter production of a young *Quercus phillyraeoides* stand at Nantoh-cho, Mie

MISAKO NAKAGAWA*, HIDEKI SAITO** and NOBUHIKO KASUYA

Synopsis: We quantified dry matter production in a young stand of *Quercus phillyraeoides* by destructively sampling the aboveground components of eleven trees and using the dry weight and weight growth rate of each component of each tree to develop relationships between DBH² and various tree components. These relationships were then applied to DBH data within a quadrat to quantify aboveground biomass and annual production rate for the stand. The weight growth rates of stem and branches were obtained from the bulk density and growth rates in volume measured by the stem analysis, that is, the measurement of the thinking growth between tree rings. The age of the sampled trees ranged from 10 to 39 yr with an arithmetic mean of 25 yr. Dominant tree height was 4.9 m. The aboveground biomass was relatively low at 104.1 t/ha. However, the aboveground biomass density (dry weight divided by the 3-D space occupied by the stand) was 2.1 kg/m³, which is higher than for mature stands of various tree species. Total leaf biomass for the stand (i.e., when understorey was included) was 9.60 t/ha, similar to leaf biomass values for mature *Q. phillyraeoides* stands. By summing the annual production rates of each component, we estimated the aboveground net production rate to be 21.2 t/ha/yr, which is typical for the lucidophyllous forests in Japan. Leaf biomass density of the stand was greatest in the top stratum (4.3-5.3 m aboveground) and 96% of the leaf biomass was concentrated in the top two strata (3.3-5.3 m). The leaf area index (LAI) value for the tree layer was low (4.83) because leaves were concentrated in the upper canopy in which had thick leaves or a low leaf area to dry weight ratio. Carbon storage was estimated at 59 t C/ha (53 t C/ha in live tissue, 6 t C/ha in litter) and carbon fixation at 11 t C/ha/yr.

要 旨: 三重県南島町で若いウバメガシ林分の物質生産について調査した。試料木11本を伐倒し、層別刈取り法で測定した。単位面積当たりの諸量は相対成長関係式と標準地の毎木調査結果とから計算した。本調査林分は林齢約25年生（樹齢10～39年生）、優勢木平均樹高4.9 mであった。地上部現存量（幹枝95.0 t/haと葉9.05 t/ha）は多くないが、地上部現存量密度は2.1 kg/m³という高木林を凌ぐ大きな値を示した。葉現存量（9.60 t/ha、シダ0.55 t/haを含む）は他のウバメガシ林と差がなかった。積上げ法で推定した地上部純生産量は21.2 t/ha/yrに達した。この値は日本の照葉樹林の平均値と同じである。葉の垂直分布は、最上層に葉現存量の58%を占める最多層があり、その直下層を含めた厚さ2 m層に96%の葉が集中した。典型的な広葉草本型生産構造を示した。SLA（1 g当たり葉面積）の小さい葉がつく2層に葉現存量が集中するため、林分のLAI（4.83；シダは0.91）は小さかった。しかし、このような単層群落にもかかわらず高い純生産を示したことは

京都府立大学農学部森林生態学研究室

Laboratory of Forest Ecology, Faculty of Agriculture, Kyoto Prefectural University, Kyoto 606-8522, Japan.

*現在, 〒573-1105 枚方市南楠葉1-67-1-210

**現在, 〒610-0121 城陽市寺田大畔10-11

注目される。炭素量に換算すると現存量が59 t C/ha (生体53 t C/ha, リター 6 t C/ha), 純生産量11 t C/ha/yrと見積もられた。

(Accepted September 19, 2006)

はじめに

森林の破壊は大気中の二酸化炭素濃度を上昇させることが以前から指摘されてきた^{1~3}など。近年, 地球温暖化対策の一つとして, 二酸化炭素の吸収源として森林のはたき大きな期待がかけられている。例えば, 2002年の地球温暖化対策推進大綱によると, 1997年のCOP3において採択された京都議定書第3条3及び4の対象森林全体で, 獲得吸収量の上限値4,767万t CO₂ (1,300万t C; 基準年総排出量比約3.9%) 程度の吸収量が可能であると推定されている。森林では同化作用による炭素吸収があるものの放出もあって生態系でのその収支は精査しなければならない。しかし, 森林に炭素貯蔵庫としての機能を疑う余地はない。

さて, 森林の物質生産力の研究は1960年代と70年代を中心に盛んに行われ, その成果はIBP Synthesis 16⁴⁾などにまとめられた。多くの調査は現存量や純生産量が乾物ベースで測定されている。植物体の乾物量の約半分は炭素で構成されているから, 一定の換算率を現存量にかければ炭素貯留量が求められ, 純生産量からは炭素固定量が推定できる。乾物ベースで森林の生産力を調査する方法は筋肉労働をとまなうが経費は少なくすみ, かつ高い精度で測定できる利点がある。

日本の南西部丘陵帯には広く暖温帯が分布している。この太平洋岸の沿海地で土地的極相となるウバメガシは, 後述する植物分布の特徴や薪炭材としての価値があるものの物質生産を調査した事例は少ない^{5~8)}。そこで今回, 若い林分の物質生産について三重県南島町で調査した。

ウバメガシ (*Quercus phillyraeoides* A.Gray) はブナ科コナラ属コナラ亜属に属する唯一の常緑広葉樹である。常緑性コナラ亜属には冬雨気候の地中海沿岸に分布する *Quercus ilex*⁹⁾ などがあり, これは硬葉ガシと呼ばれ, 湿潤気候帯のアカガシ亜属に代表される照葉ガシに対比される¹⁰⁾。ウバメガシは硬葉ガシに類似する点が多い。その葉は小形で革質で, 光沢はあまりない。耐乾性が強く, 日当たりを好むが耐陰性も強い¹¹⁾。成長は非常におそく, 一方, 幹容積重は大きい¹²⁾。

本報告は, 若いウバメガシ林分を材料に, 層別刈取りを行って地上部の現存量, 純生産量, 生産構造を明らかにし, 考察したものである。若くて一見貧弱に見える低木林であっても, 大気中の炭素固定と貯留の機能は高く評価できることを明らかにした。また, この成果は備長炭の資源林としての基礎資料になる。

調査林を提供された島田賢一氏 (三重県度会郡南島町; 現, 南伊勢町), 調査林の選定に尽力された谷 秀

司氏 (三重県南勢志摩県民局農林水産商工部) と島田博匡氏 (三重県科学技術振興センター林業研究部), 現地調査で助力された加藤達也, 多田美代, 土井裕介, 山口桜の各氏 (京都府立大学森林生態学研究室専攻生) に対し, ここに深く感謝する。

材 料

調査林分は三重県度会郡南島町 (現在, 南伊勢町) 道行竈 (北緯34度16.8分, 東経136度35.8分) に所在し, 同地の島田賢一氏の所有林である。Fig. 1 に示すように, 鰐湾の東端に位置する。地質は四万十累層群に属し, 主に砂岩と泥岩からなる¹³⁾。標準地を設けたのは尾根近くの斜面で, 傾斜は約30度, 南向きである。海拔高は30 mであった。土壤調査は行わなかったが土壌は浅くて硬い。

この林分は約40年前に伐採して薪炭材に利用された。試料木で年輪数を調べたところ樹齢は10~39年生まで幅があった。萌芽で主に更新し, ウバメガシの一斉林が成立したと考えられる。平均樹齢約25年生の若い林分ではあるが林冠はよく閉鎖していた。林冠木には少数だがホソバアオダモ, リョウブ, ヒサカキが混在したがウバメガシ純林と呼んで差し支えない (「種組成」参照)。林床には高さ約30 cmのコシダ (*Dicranopteris pedata* (Houtt.) Nakaike) がパッチ状に群落を形成していた。

本調査地の北東約18 kmに位置する南勢気象観測所 (北緯34度20.5分, 東経136度41.1分; 標高6 m) での

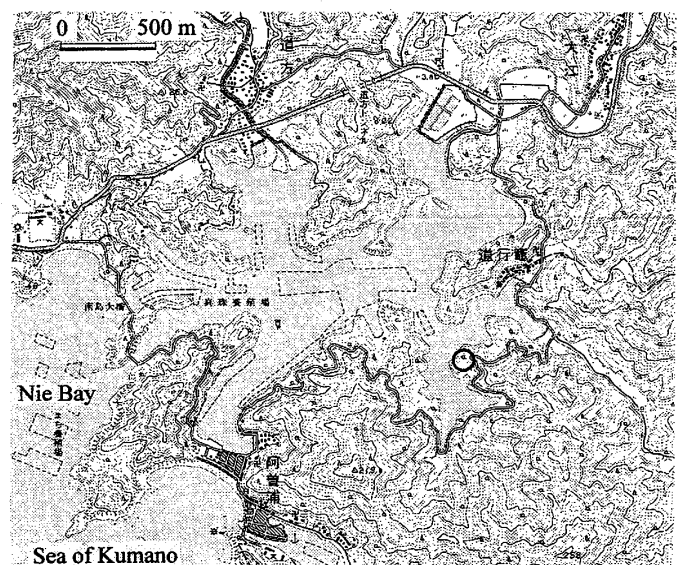


Fig. 1 Location map of the study stand of *Quercus phillyraeoides* at Nantoh-cho, Mie Prefecture.

平年値¹⁴⁾によれば年平均気温15.6°C, 年降水量2,272.3 mmである。最寒月(1月)の平均気温は5.7°Cと温暖である。平年値から暖かさの示数を求めると126.9°C monthになった。

方 法

林分の現存量と純生産量を乾物ベースで求めるため、標準地内の毎木調査および試料木の層別刈取り調査を行い、林分haあたりの樹体各部量を計算した。調査および計算方法は原則としてOgawa and Kira¹⁵⁾にしたがった。主な調査は2002年11月5日~7日の期間に実施した。

1. 毎木調査

標準地10 m×11 m(斜面上)を、肥大成長がほぼ終了した2002年9月2日に設定し、標準地内の全(生)立木(DBH≥1 cm)の樹種およびDBH(地上高1.3 m)を調査した。クリノメータで傾斜面の方位と角度を測定した。

2. 層別刈取り調査

標準地内から試料木を、最大木を含めて11本選定し、層別刈取り法によって調査した。

まず、試料木を地ぎわで伐倒し、地上高0.0 m, 0.3 m, 1.3 m…とそれ以降は1 m間隔で樹体を層区分した。各層で幹、枝、葉に分け、それぞれの生重を棒ばかりで測定した。この他に、樹高、最下分枝高、最近1年間伸長量、幹直径を地ぎわ部、0.3 m高、1.3 m高(DBH)、樹高1割高で測定した。

各器官部分の乾燥重量(以下、乾重)を得るために乾物率用の試料を適量採取し、実験室に持ち帰った。そして乾燥器により90°Cで、重量が平衡状態になるまで乾燥し、室温でその乾重を測定した。また、各層から適量の葉を抽出して持ち帰り、自動面積計(林電工AAM-7)を用いて葉20~50 gの葉面積(片面)を測った。その後、乾重を測り、乾重1 g当たりの葉面積を求めた。各層からは樹幹解析用の幹円盤を取り持ち帰った。樹幹解析では皮付きおよび皮ナシ材積、最近1年間および同5年間の材積成長量を測定した。

試料木の幹重量成長量 ΔW_s は、皮ナシ幹材積 V_s' に対する最近1年間材積成長量 ΔV_s の割合、つまり幹材積成長率に幹乾重 W_s をかけて求めた。樹皮も材部と同じ成長率と仮定している。枝重量成長量 ΔW_b は、試料木の樹冠内(最下分枝高より上部)における幹材積成長率を枝乾重にかけて求めた。広葉樹の生産力調査での幹と枝の区別はふつうは、直径が太くて最も長い軸を幹としている。今回のウバメガシは多軸性で幹枝の区別が明瞭でないから成長率でも幹枝に差がないと考えこの推定法を使った。

3. シダ層の刈取り調査

コシダ林床層の現存量を調査した。偏りが出ないようにコドラート(1 m×2 m, 斜面上)を2カ所設け、そのコシダを地ぎわで切り取った。その後、葉と茎に分け、生重を測った。葉と茎の乾物率用試料数100 gを持ち帰り、乾重を測定した。葉は別途、コドラート別に約300 gを持ち帰り、ウバメガシと同様に、葉面積を測定した。

4. 枯枝とリター層量

試料木の内平均胸高断面積にちかい値をもつ3本について、樹体に付着する枯枝を採取してその重量を測り、乾重を調査した。リター層については、コドラート(1 m×1 m, 斜面上)2個をランダムにとり、堆積するリター(Ao)を採集し、同様にして乾重を求めた。

5. 林分量の計算

林分1 ha当たりの諸量は試料木間に成り立つ相対成長関係式、すなわち植物体各部分量 y と x との間に成り立つ式、

$$y = A x^h \quad (1)$$

(ただし、A, hは係数)

と標準地内立木の毎木調査資料とから計算した。

他に、次式も使った。

$$1/y = 1/(A x^h) + 1/B \quad (2)$$

(ただし、A, h, Bは係数)

計算手順はOgawa and Kira¹⁵⁾に準じて行い、詳しくは次の「地上部現存量」と「純生産量」に記した。

結果および考察

1. 種構成

標準地(水平面積105.0 m²)の毎木調査結果をとりまとめるとTable 1のようになった。立木の幹本数は多く、1 m²当たり3.2本に達している。ウバメガシの幹本数は全体の78%を占め、他の樹種は22%、このうち常緑広葉樹6.7%、落葉広葉樹15.8%(内、ツル2.6%)の割合であった。胸高断面積合計でみるとウバメガシは91%に達し、本数のばあい比べてさらに優勢であった。なお、他の常緑広葉樹は3.2%、落葉広葉樹5.8%という割合になった。

Fig. 2は株当たり幹本数の頻度分布を、種別に示している。ウバメガシについて、大きい株(個体)には18本、15本というものもあるが、多くの株は2~12本のものであった。幹1本の株が全体の60%を占めた。株立ちは萌芽更新で、1株1幹のものには種子繁殖によるものが含まれると思われた。

出現した他の常緑広葉樹はヒサカキ(標準地内11本)とアセビ(8本)が多く、落葉広葉樹ではネジキが多く(同16本)、リョウブ(9本)、アオハダ(7本)、ホソバアオダモ(6本)、ヤマウルシ(3本)、ヤマフジ(8

Table 1. General description of a *Quercus phillyraeoides* stand studied at Nantoh-cho, Mie.

	No. of stems		No. of trees		Basal area		DBH (cm)	
	/Plot	%	/Plot	cm ² /Plot	%	Mean	Max.	
Stand (total)	311	100	110	2,627.8	100	—	—	
	(31,810 /ha)*		(10,710 /ha)*	(27.58 m ² /ha)				
<i>Quercus phillyraeoides</i>	241	77.5	70	2,391.2	91.0	3.3	6.8	
	(25,300 /ha)		(7,348 /ha)	(25.10 m ² /ha)				
Other evergreen spp.	21	6.7	13	82.8	3.2	1.8	—	
	(2,204 /ha)		(1,364 /ha)	(0.87 m ² /ha)				
<i>Eurya japonica</i>	11		7	44.3	1.7	2.2	3.4	
<i>Pieris japonica</i>	8		4	37.6	1.4	2.4	3.3	
<i>Rhododendron macrosepalum</i>	1		1	0.8	0.03	1.0	—	
<i>Rapanea neriifolia</i>	1		1	0.1	0.00	0.4	—	
Deciduous spp.	41	13.2	19	152.1	5.8	1.9	—	
	(4,304 /ha)		(1,994 /ha)	(1.60 m ² /ha)				
<i>Clethra barbinervis</i>	9		4	63.1	2.4	2.8	4.2	
<i>Fraxinus sieboldiana</i>	6		4	53.6	2.0	3.2	4.3	
<i>Lyonia elliptica</i>	16		9	25.8	1.0	1.3	2.6	
<i>Ilex macropoda</i>	7		1	6.1	0.2	0.9	1.4	
<i>Rhus trichocarpa</i>	3		1	3.5	0.1	1.2	1.5	
Climber								
<i>Wisteria brachybotrys</i>	8	2.6	?	1.7	0.00	0.6	0.9	

*, climber excluded.

本)であった。株当たりの幹本数をみると (Fig. 2), アオハダ7本およびヤマウルシ3本は1株からのものである。ヒサカキ, アセビ, リョウブ, ネジキでは株当たり2~4本であるが, これらには胸高までに二又や三又に分枝したものが含まれる。

本調査林分の優勢木平均樹高は4.9 mであった。一方, 胸高断面積合計は27.58 m²/haになった。同程度の平均樹高をもつスギ人工林¹⁶⁾を例にこの値を比べると, 高立木密度の吉野地方の林分 (密度12,800 /haで21.9 m²/ha) やサシキ苗植栽の熊本アヤスギ林 (24.2 m²/ha) を

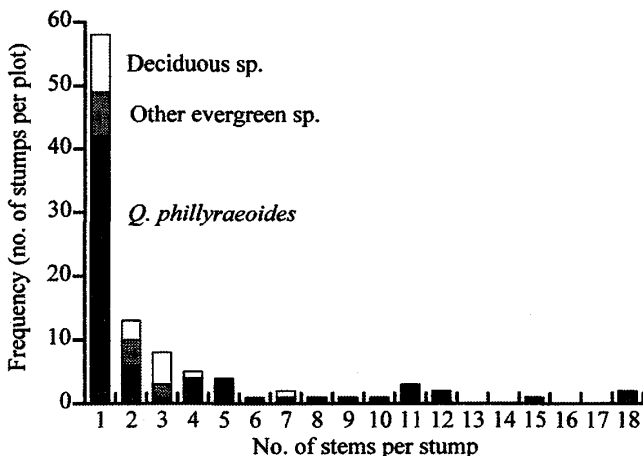


Fig. 2 Frequency distribution of stem number per stump (or individual).

超えている。

2. 地上部現存量

1) 現存量の推定について

試料木11本から相対成長関係式(1)を求め, 係数AとhをTable 2にまとめた。これらの係数はKaleida Graph 3.5 (Synergy Software社) を使って計算した。ここでyには幹枝乾重 W_{S+B} , 幹枝乾重 W_S , 枝乾重 W_B , 葉乾重 W_L , 葉面積u, (皮付き) 幹材積 V_S をえて, xにはDBH² (D^2)およびDBH²と樹高Hの積 (D^2H) をそれぞれあてた。単位は乾重がkg, 面積m², 材積dm³, D^2 はcm², D^2H はcm² mを使った。

各関係式の直線への回帰はいずれも良かった ($r^2 = 0.944 \sim 0.988$) (Fig. 3)。一方, yが同じとき, $y - D^2$ 関係と $y - D^2H$ 関係の2つの関係式の回帰性を比較すると, 後者の式の方が良かった (Table 2)。

ここで, $H - D$ 関係を式(2)で求めると次式(3)のようになり, 回帰がよかった (Fig. 4)。

$$1/H = 1/(4.0612 D)^{1.0} + 1/6.9377 \quad (3)$$

$$(r^2 = 0.936)$$

本調査では試料木に最大木を含めているので $y - D^2$ 関係式を使って林分量を計算しても過大評価になる危険は低い¹⁵⁾。しかし, 今回は $y - D^2H$ 関係式の方が回帰性が高いから, 標準地内立木のDBHを式(3)に入れて樹高を求め, 諸量を計算した。

なお, 葉乾重と葉面積については, 式(2)を用いた次

Table 2 Relationship between various static and dynamic tree measurement parameters. All relationships were calculated in the form $y = A x^h$.

y	x	h	A	r ²
W _{S+B}	D ²	1.156	0.1751	0.978
W _S	D ²	1.081	0.1734	0.980
W _B	D ²	1.398	0.01775	0.944
W _L	D ²	1.655	0.003880	0.988
u	D ²	1.643	0.02145	0.984
V _S	D ²	1.135	0.1693	0.982
Δ W _{S+B}	D ²	0.9042	0.05368	0.929
Δ W _S	D ²	0.7513	0.05771	0.912
Δ W _B	D ²	1.153	0.008133	0.808
W _{S+B}	D ² H	1.013	0.05292	0.982
W _S	D ² H	0.9447	0.05723	0.982
W _B	D ² H	1.230	0.004066	0.953
W _L	D ² H	1.452	0.0006892	0.983
u	D ² H	1.441	0.003867	0.981
V _S	D ² H	0.9923	0.05271	0.983
Δ W _{S+B}	D ² H	0.7910	0.02119	0.936
Δ W _S	D ² H	0.6500	0.02761	0.912
Δ W _B	D ² H	1.019	0.002371	0.824

D²: square of stem diameter at breast height (DBH) (cm²).
 D²H: (square of DBH) × (tree height) (cm² m).
 W_{S+B}: dry weight of stem and branches per tree (kg).
 W_S: dry weight of stem per tree (kg).
 W_L: dry weight of leaves per tree (kg).
 V_S: stem volume with bark per tree (dm³).
 u: leaf area (one side) per tree (m²).
 Δ W_{S+B}: weight growth rate of stem and branches per tree (kg/yr).
 Δ W_S: weight growth rate of stem per tree (kg/yr).
 Δ W_B: weight growth rate of branches per tree (kg/yr).

式(4)と式(5)の回帰が良かった。

$$1/W_L = 1/(0.001649 (D^2)^{2.0}) + 1/0.4487 \quad (4)$$

$(r^2 = 0.991)$

$$1/u = 1/(0.002357 (D^2)^{2.5}) + 1/12.68 \quad (5)$$

$(r^2 = 0.990)$

2) 地上部現存量

Table 3には林分当たりの地上部現存量, 葉面積指数 LAI, 幹材積(皮付), 樹体の付着枯枝およびリター層量をまとめた。その他の樹種の諸量は, ウバメガシで得られた関係式を用いて計算した。

まず, 樹木層について, 幹と枝をあわせた現存量は 95.0 t/ha になった。この値は W_{S+B}-D²関係式から求めた値 (94.5 t/ha) にほぼ一致した。また幹枝現存量のうちで他の樹種のそれは 7.9% を占めた。

次に, 樹木層の葉現存量は 9.05 t/ha と求められ, シダの 0.55 t/ha を合わせると葉現存量は 9.60 t/ha であつ

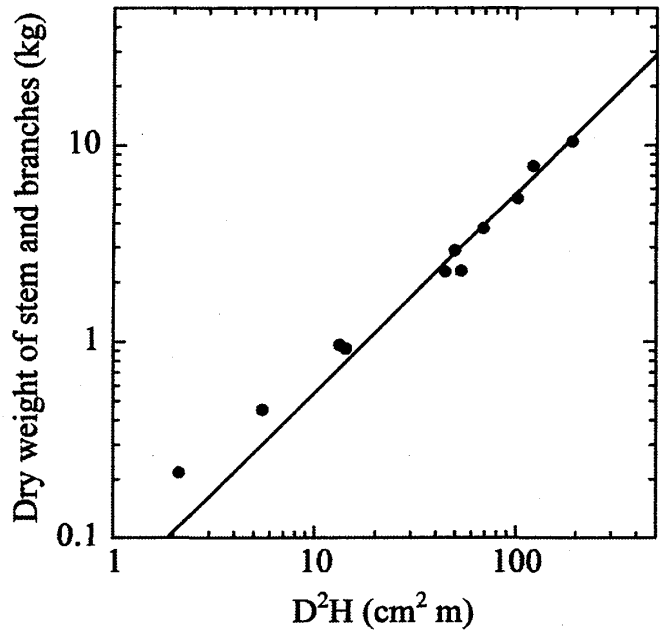


Fig. 3 Relationship between stem plus branch dry weight (W_{S+B}) and DBH² × (tree height) (D²H).
 $W_{S+B} = 0.05292 (D^2H)^{1.013} (r^2 = 0.982)$

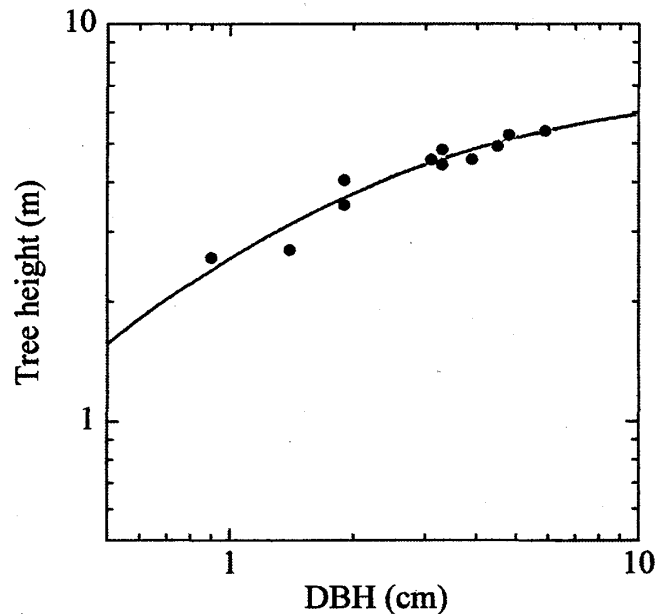


Fig. 4 Relationship between tree height (H) and DBH (D).
 $1/H = 1/(4.0612 D) + 1/6.9377 (r^2 = 0.936)$

た。落葉樹を含む他の樹種の値 0.48 t/ha はウバメガシで得た関係式を用いて推定したが, この値は樹木層の値の 5.3% を占めた。落葉樹の胸高断面面積合計割合は他の樹種の中では 35% であるから, 落葉樹の葉現存量が占める割合は全体の 1.9% しかないことになる。

葉面積示数は樹木層 4.83 (ha/ha), シダを合わせて 5.48 (ha/ha) となった (Table 3)。シダの LAI (0.91 ha/ha) は群落全体の 17% に達した。なお, 葉現存量で

Table 3. Aboveground biomass and dry weight of dead branches on standing trees and of the litter horizon

	<i>Quercus phillyraeoides</i>	Other trees	Trees (total)	Fern	Stand (total)	Note (correlations)
a) Aboveground (t/ha)	96.1	7.96	104.1 (100%)	0.88	105.0	= b + f
b) Stem and branches (t/ha)	87.6	7.48	95.0 (91.3%)	0.33	95.4	= d + e
c)	(87.4)	(7.53)	(95.0)			($W_{S+B} - D^2H$)
d) Stem (t/ha)	69.5	6.24	75.8 (72.8%)	0.33	76.1	$W_S - D^2H$
e) Branches (t/ha)	18.0	1.24	19.3 (18.5%)	—	17.3	$W_B - D^2H$
f) Leaves (t/ha)	8.57	0.48	9.05 (8.7%)	0.55	9.60	$W_L - D^2H$
g)	(8.51)	(0.44)	(8.95)			(Eq. 4)
Dry wt. of dead branches (t/ha)	—			—	3.7	
Dry wt. of litter horizon (t/ha)	—			—	8.4	
LAI (ha/ha)	4.57	0.26	4.83	0.91	5.48	$u - D^2H$
	(4.45)	(0.20)	(4.65)			(Eq. 5)
Stem volume with bark (m ³ /ha)	79.2	6.79	86.0	—	—	$V_S - D^2H$

Biomass of the other tree species (9.0% by basal area) was calculated by using the allometric correlations developed from the *Q. phillyraeoides* data in this study.

はシダの値は5.7%しか占めていない。

樹木層の葉現存量を式(4)で、LAIを式(5)を使ってそれぞれ計算した値は、 $W_L - D^2H$ 関係と $u - D^2H$ 関係式による値に比べて前者が1.1%の0.10 t/ha、後者3.7%の0.18 (ha/ha) の僅かな差しかなかった (Table 3)。

伐木調査を行い現存量を測定したウバメガシ林は高知県幡多郡大月町の弦場山保護林 (80年生以上)⁵⁾ と香川県小豆郡内海町坂手の林分 (約50年生)⁸⁾ の2つがある。前者の葉現存量は3林分で8.8~12 t/ha、平均10.2 t/ha、後者は10.7 t/haと報告している。これらは本調査林分の値9.60 t/haとほぼ同じであった。弦場山林分⁵⁾ は下層にタイミンタチバナをもつ二段林であり、上層ウバメガシだけの値は6.0~7.4 t/ha、平均6.8 t/haである。小豆島林分⁸⁾ は単層林である。

LAI (ha/ha) についてみると、弦場山林分⁵⁾ 6.9~9.4で平均8.0、上層だけは4.2~5.1で平均4.7、小豆島林分⁸⁾ は5.90である。これらの値と比較して本調査林分の5.48、上層だけ4.83のLAIは同程度といえる。

Tadaki¹⁷⁾ はアカラシ6.3±0.5 t/haとLAI 7.1±0.3 ha/ha、シラカシ8.8±1.9 t/haとLAI 8.4±0.5 ha/haとまとめている。ウバメガシについて3箇所計5林分の平均を計算すると10.2±1.2 t/haとLAI 7.1±1.6 ha/ha (上層だけ8.1±1.8 t/haと5.0±0.6 ha/ha) になる。調査法の違いや推定精度の精粗を考慮しても、葉現存量ではウバメガシはアカガシ亜属の他2樹種に比べて少し多そうである。これは葉の寿命の違いによる¹⁷⁾。一方、LAIでは樹種間に大差がなかった。

本調査林分には、枯死部分として、付着枯枝とリター層 (Ao層) をあわせて12.1 t/haの乾物が存在した (Table 3)。したがって地上に存在する有機物量は計117.1 t/haと見積もられた。このうちの90%は生体が占め、枯死部分は10%であった。

植物体乾物量の約半分は炭素で構成されている。本調査林分の乾物量を炭素ベースに換算すると地上部には生体として53 t C/ha、枯死部分6.1 t C/haが貯留されていた。

3) 地上部現存量密度

地上部現存量密度¹⁸⁾ は2.1 kg/m³ (= 105.0/4.9 t/ha/m) になった。この値は先述の弦場山林分 (平均2.6 (2.3~2.8) kg/m³; 文献5から再計算) や小豆島林分⁸⁾ 2.6 kg/m³に比べて少し小さかった。これは本林分の初期本数密度が低かったことに原因があると考えられる。

森林の地上部現存量をその占有空間で割って求められるのが地上部現存量密度であり、ごく背の低い木本群落の例外はあるが、その森林の高さとは関係なくほぼ一定の値を示す^{18, 19)}。最近の資料をみると、この現存量密度は2~2.5 kg/m³のものが多い²⁰⁾。これらは樹高成長が衰えた成熟林、しかも陰樹林で多くみられる。一方、初期密度が高いシラベ林分²¹⁾ や背の低いエゾズリハ林分²²⁾ などでも2 kg/m³をこえる大きな値を示す例がある。ウバメガシ林は低木林に分類されるが、本調査林分を始め、大きな現存量密度をもつことが報告されている。

低い樹高の林分で大きい値を示す理由の一つに木部容積重が大きいことが指摘されている¹⁸⁾。今回の試料木の幹容積重を、試料木の大きさ別にみると (Fig. 5)、小さい個体では値のバラツキが大きい、平均0.882 (標準偏差0.060) g/cm³であった。この幹容積重は小豆島林分⁸⁾ の値 (0.904±0.057 g/cm³) にちかい。今回の調査林分は樹高5 m足らずの貧相な群落であるが、その占有空間にもつ乾物量は樹高20~30 mの高木林を凌ぐほど大きいことが明らかになった。

3. 純生産量

地上部の純生産量 (速度) を、各器官部分の新部分量

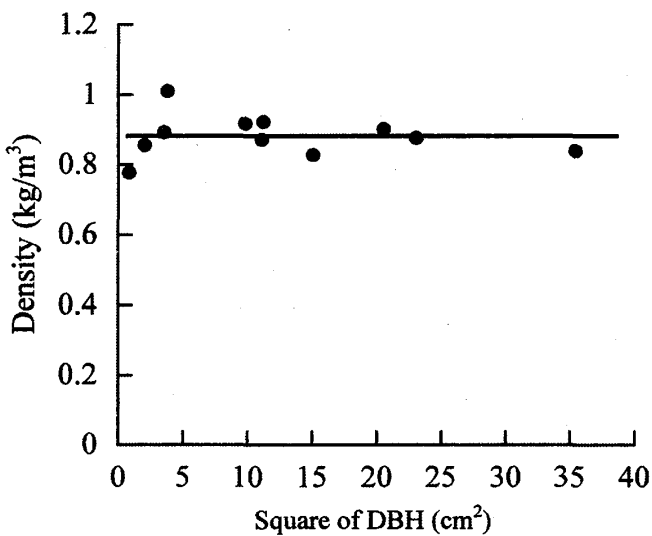


Fig. 5 Variation of bulk density of stem with tree size.

を合計して求めた。これはKira and Shidei¹⁸⁾の「方法2」である。

$$\Delta P_n = y_{2N} + \Delta L_N + \Delta G_N \quad (4)$$

今回は新部分の枯死量 ΔL_N および被食量 ΔG_N は、測定していないが少量だと推定してゼロとした。

幹と枝の y_{2N} にはそれぞれの重量成長量をあてた。この推定には、式(1)を使って現存量の場合と同様に計算した。

y には幹枝重量成長量 ΔW_{S+B} 、幹重量成長量 ΔW_S 、枝重量成長量 ΔW_B を、 x は D^2 と D^2H を用いた。使った単位は重量成長量はg/yr、 D^2 は cm^2 、 D^2H は $\text{cm}^2 \text{m}$ である。Table 2に示したように ΔW_{S+B} と ΔW_S に関する関係式は回帰は良く($r^2 = 0.912 \sim 0.936$)、また D^2 に対する関係に比べて D^2H との関係の方が回帰が良かった。しかし、 ΔW_B に関する関係式の回帰は良くなかった($r^2 = 0.808$)。

このような式への回帰のよさを考慮して $\Delta W_{S+B} - D^2H$ 関係式から幹枝重量成長量を求め、 $\Delta W_S - D^2H$ 関係式から幹のそれを計算し、枝は両者の差から推定した。

葉の y_{2N} は測定していない。全ての葉を、当年葉と旧葉に分けて測定することは困難であった。調査時の観測では、当年葉と旧葉は2:1の割合で存在した。そこで葉現存量の2/3を y_{2N} にあてた。これによる値(6.03 t/ha/yr)は、小豆島の壮齢ウバメガシ林⁷⁾の平均落葉量(5.19 t/ha/yr)より少し多くなった。

果実をつけた試料木は3本だけで、その量は2.26 gとごく少なかったので無視した。なお、調査時まで落下した未熟果実と雄花序の値は、約50年生の小豆島林分²³⁾での測定結果からみて0.5 t/ha/yrちかく見込めるが、若いウバメガシの調査資料が見当たらないので加算しなかった。

林床のコシダについて、現存量以外は調査していないうえに生産力の資料もないので、現存量の1/2を新部分と仮定した。

このようにして求めた純生産量は樹木層が20.5 t/ha/yr、シダ層を含めて20.9 t/ha/yrになった(Table 4)。

今回調査した林分にはコシダ²⁴⁾やアセビなど土壌の乾性を示唆する植物が存在したから、ウバメガシの生産力は低いのではないかと調査前には感じていた。しかしながら、得られた地上部純生産量は、シダ層を除いて20.5 t/ha/yrと推定された。この値は暖温帯常緑広葉樹林の平均 20.65 ± 7.21 t/ha/yr²⁵⁾にほぼ一致する。暖温帯常緑広葉樹林の生産力はわが国では最大で、それは高い気温と長い生育期間に依存すると考えられている²⁵⁾。

既報のウバメガシ林の純生産量は弦場山林分23~28 t/ha/yr⁵⁾、小豆島林分33.6 t/ha/yr⁸⁾である。前者の推定法は今回と若干異なり、後者には花と果実の生産を含めている。巨視的にみて、ウバメガシ林が大きな生産力

Table 4 Estimation of aboveground net production rate (ΔP_n) from summing the dry weight of new parts produced in current year.

(t/ha/yr)	<i>Quercus phillyraeoides</i>	Other trees	Trees (total)	Fern	Stand (total)	Note (correlations)
a) Aboveground	18.8	1.69	20.5 (100%)	0.442	20.9	= b + g
b) Stem and branches	13.1	1.36	14.4 (70.5%)	0.166	14.6	$\Delta W_{S+B} - D^2H$
c)	(13.3)	(1.45)	(14.7)			(= b + f)
d) Stem	9.25	1.11	10.4 (50.6%)	0.166*	10.5	$\Delta W_S - D^2H$
e) Branches	3.82	0.25	4.06 (19.9%)	—	4.06	= b - d
f)	(4.01)	(0.34)	(4.35)			($\Delta W_B - D^2H$)
g) Leaves	5.74	0.33	6.03 (29.5%)	0.276*	6.31	= leafmass/1.5

The Method 2 by Kira and Shidei¹⁸⁾: $\Delta P_n = y_{2N} + \Delta L_N + \Delta G_N$. ΔP_n : net production rate, y_{2N} : biomass of new parts, ΔL_N : loss due to death and shedding of new parts ($\Delta L_N \cong 0$), ΔG_N : loss due to grazing of new parts ($\Delta G_N \cong 0$).

f: leaf biomass (Table 3) of *Q. phillyraeoides* divided by 1.5 yr of a leaf longevity. *: stem and leaf biomass of fern (Table 3) divided by 2 yr of a provisional stem longevity.

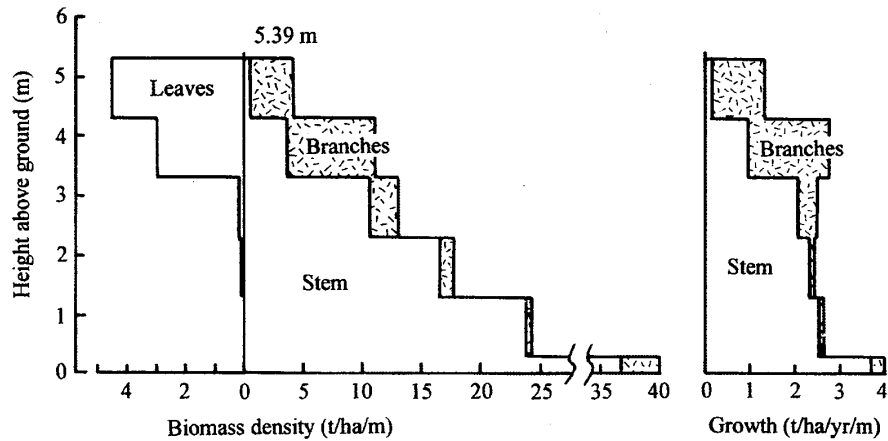


Fig. 6 Profile diagram of the *Quercus phillyraeoides* stand, showing the vertical distribution of leaf, stem, and branch biomass (left) and that of weight growth rate of stem and branches (right).

をもつことは間違いなさそうである。その原因は、ウバメガシの自生地は海洋性気候で、生育期間が長いこと、また小径木のため呼吸消費の割合が低いことが考えられる。一方、急傾斜地で、岩礫が露出するような浅い土壌という生育に不利な立地に分布するが、多雨な日本では不利にならないようである。ちなみに、冬雨気候下の近縁種では、その純生産量は少ない (7.0 t/ha/yr)²⁵⁾。

このように、ウバメガシは低木林のために外見は貧相に見られるが、林分としての物質生産力は高木林を凌ぐことが明らかになった。また、純生産量の炭素換算値は 11 t C/ha/yr になり、これが本調査林分の 1 年間の炭素固定量 (速度) である。

4. 生産構造

Fig. 6 は本調査林分の生産構造図で、これに幹と枝の重量成長量の垂直分布を付け加えてある。このFig.6の作成は、標準地内立木のDBHをクラス分けし、各クラスを代表する試料木を決め、その試料木の層別諸量に各本数を掛けて求めた。

幹乾重の垂直分布は、上方になるにつれほぼ比例して減少した。枝は全ての層にみられた。とくに地上高3.3~5.3 mの、葉の多い層で多かった。

葉乾重の垂直分布は最上層で最も多く、下方に向かうにつれて急に減少した。典型的な広葉草本型の生産構造²⁶⁾といえる。最上層 (4.3~5.3 m) に全体の58%の葉があり、その直下の層 (38%) を含めると96%に達した。このような林冠表面に葉が集中分布する生産構造は小豆島林分でも報告されている⁸⁾。しかし、小豆島林分に比べて本調査林分の方が葉の集中度は高い。これは林木の高さが低いためであると考えられる。

幹成長量の垂直分布は、葉がほとんど無い3つの層 (0.0~3.3 m) でほぼ同じ成長量を示したが、巨視的には上部ほど漸減の傾向が認められる。一方、枝成長量は、

葉が2番目に多い層 (3.3~4.3 m) で著しく多く、それ以外の層では少ない。幹枝を合計した成長量では、根張り部 (0.0~0.3 m) と最上層 (4.3~5.3 m) を除いた中間の4つの層ではほぼ同じ値を示した。

試料木各層の平均SLA (乾重 1 g 当たりの片面葉面積) の地上高による変化をFig. 7 に示す。SLAは最上層で小さく、下層になるほど約15%づつ比例的に大きくなって

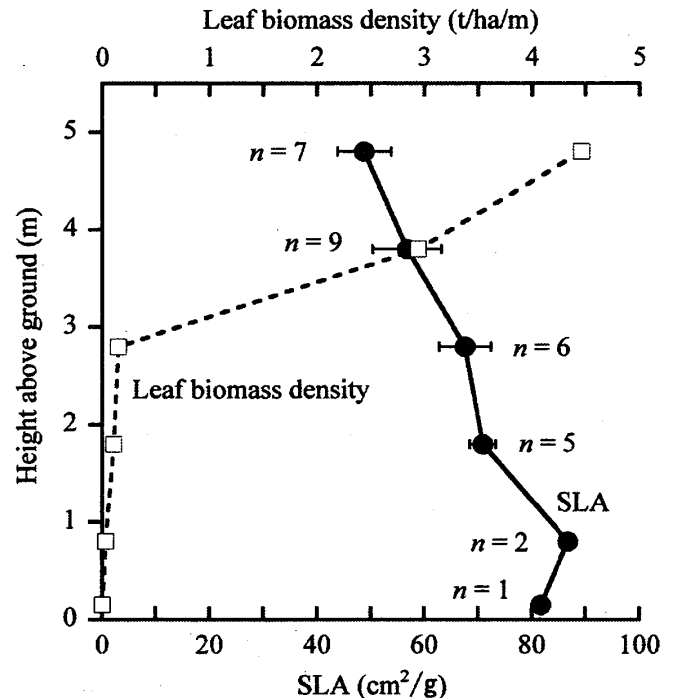


Fig.7 Changes in SLA (leaf area/leaf dry weight ratio) and leaf biomass density with aboveground height.

Bars represent standard deviations among sample trees.

n: number of sample trees in each stratum.

た。つまり下層ほど葉は薄くなる。その最大格差は1.7倍に達した。本調査林分では葉層が実質上部の2層にしかなく、しかもこれらの2層ではSLAが小さかった。大きいSLAの葉層では葉量が少なく、その結果として各層のSLAと葉乾重と積の合計で求められる林分のLAIは小さくなる原因となったと考えられる。

引用文献

- 1) 吉良竜夫 (1976) 陸上生態系—概論— (生態学講座 18). pp.166, 共立出版
- 2) 吉良竜夫 (1976) 自然保護の思想. pp.253. 人文書院
- 3) 吉良竜夫 (1989) 破壊される「外」なる自然. (宇沢弘文ほか (編) 岩波講座転換期における人間2, 自然とは, pp.336), 37~66. 岩波書店
- 4) Shidei, T and Kira, T. (eds) (1977) JIBP Synthesis 16. Primary Productivity of Japanese Forests. 289pp. University of Tokyo Press, Tokyo.
- 5) 菅 誠・齋藤秀樹・四手井綱英 (1965) 常緑広葉樹林の物質生産力について. 京都大演習林報37: 55~75.
- 6) 楠元 司 (1967) 大隈半島南部におけるウバメガシ林の現存量. 鹿児島大学教育学部研究紀要 (自然科学) 19: 25~30.
- 7) 大久保政利 (1995) ウバメガシ林のリターフォール量. 日林関西支論4: 107~108.
- 8) 多田美代・齋藤秀樹・大久保政利・糟谷信彦 (2006) 小豆島の壮齢ウバメガシ林の物質生産. 京都府大学報・人・農58: 41~49.
- 9) Shidei, T. (1974) Forest vegetation zones. In "The Flora and vegetation of Japan, ed. Numata, M., 294pp., Kodansha Limited and Elsevier Scientific Publishing Company", 87-124.
- 10) 吉良竜夫・四手井綱英・沼田真・依田恭二 (1976) 日本の植生—世界の植生配置のなかでの位置づけ—. 科学46: 235~247.
- 11) 橋詰隼人・中田銀佐久・新里孝和・染郷正孝・滝川貞夫・内村悦三 (1993) 実用樹木学. 214pp. 朝倉書店
- 12) 林 弥栄 (1969) 有用樹木図説, 林木編. 472pp. 誠文堂新光社
- 13) 山下 昇・糸野義夫・糸魚川淳二 (編) (1988) 日本の地質5, 近畿地方II. pp. 297. 共立出版
- 14) 気象庁 (監修) (2002) 平年値 (1971-2000年) (CD-ROM版). 気象事務支援センター
- 15) Ogawa, H. and Kira, T. (1977) Methods of estimating forest biomass. In "Primary Productivity of Japanese Forests - Productivity of Terrestrial Communities-, eds. Shidei, T. and Kira, T., 289pp. University of Tokyo Press", 15-25.
- 16) 四大学合同調査 (1966) 森林の生産力に関する研究, 第三報スギ人工林の物質生産について. 日本林業技術協会育林技術研究会. pp.63
- 17) Tadaki, Y. (1977) Leaf biomass. In "Primary Productivity of Japanese Forests -Productivity of Terrestrial Communities-, eds. Shidei, T. and Kira, T., 289pp. University of Tokyo Press", 39-44.
- 18) Kira, T. and Shidei, T. (1967) Primary production and turnover of organic matter in different ecosystem of the Western Pacific. Jpn. J. Ecol. 17: 70-87.
- 19) Tadaki, Y. (1977) Aboveground and total biomass. In "Primary Productivity of Japanese Forests - Productivity of Terrestrial Communities-, eds. Shidei, T. and Kira, T., 289pp. University of Tokyo Press", 53-57.
- 20) 齋藤秀樹 (1989) 森林の物質生産. 森林の現存量. 46~56. 森林生態学, 堤利夫 (編), 166pp. 朝倉書店
- 21) 只木良也・佐藤 明・桜井尚武・竹内郁雄・河原輝彦 (1977) 森林の生産構造に関する研究 (XVIII) 朝日岳周辺におけるシラベしま枯れ林の構造と一次生産. 日生態会誌27: 83~90.
- 22) 齋藤秀樹 (1982) ブナ林の伐採跡に更新した常緑広葉樹エゾズリハ群落の物質生産. 日林誌64: 390~394.
- 23) 齋藤秀樹・大久保政利・國友淳子 (2006) 香川県小豆島のウバメガシ林における花粉生産. 花粉誌52: 47~52.
- 24) 倉田 悟・中池敏之 (1979) 日本のシダ植物図鑑1. pp.628, 東京大学出版会
- 25) Kira, T. (1977) Net production. In "Primary Productivity of Japanese Forests -Productivity of Terrestrial Communities-, eds. Shidei, T. and Kira, T., 289pp. University of Tokyo Press", 101-108.
- 26) Monji, M. and Saeki, T. (1953) Uber die Lichtfaktor in den Pflanzengesellschaften und ihre Bedeutung fur die Stoffproduktion. Jap. J. Bot. 14: 22-52.